



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

108

**METODOLOGIA PARA FORMULAR PROYECTOS DE
APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS CON FINES
AGROPECUARIOS Y SU ANALISIS DE FACTIBILIDAD
TECNICA Y ECONOMICA.**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL**

p r e s e n t a

HECTOR DAVID LEAL HERNANDEZ



México, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PAG.
CAPITULO I.- INTRODUCCION.	1
CAPITULO II.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL EN LA ZONA - DE PROYECTO.	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Localización y delimitación de la zona de estudio.	5
2.3. Condiciones naturales.	5
2.4. Condiciones socioeconómicas.	7
2.5. Uso actual del suelo.	7
2.6. Tenencia de la tierra.	9
CAPITULO III.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.	13
3.1. Cuencas de captación.	13
3.2. Vasos de almacenamiento.	14
3.3. Sitios para presas.	17
3.4. Terrenos regables.	19
3.5. Fotogrametría.	22
CAPITULO IV.- ESTUDIOS DE GEOLOGIA Y DE DISPONIBILIDAD DE MATERIALES.	24
4.1. Introducción.	24
4.2. Estudio geológico de la boquilla.	24
4.3. Programa de exploraciones.	25
4.4. Localización y características de los bancos de materiales.	27
4.5. Conclusiones y recomendaciones.	30

CAPITULO V.- ESTUDIO AGROLOGICO.	31
5.1. Introducción.	31
5.2. Geomorfología.	31
5.3. Estudio de los suelos.	31
5.4. Capacidad de uso y manejo de los suelos.	32
5.5. Conclusiones y recomendaciones.	34
CAPITULO VI.- ESTUDIO HIDROLOGICO.	35
6.1. Objetivo.	35
6.2. Información disponible.	35
6.3. Simulación del funcionamiento de vaso.	36
6.4. Estudio de avenidas.	38
6.5. Conclusiones y recomendaciones.	39
CAPITULO VII.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS GENERADAS.	41
7.1. Introducción.	41
7.2. Presa de almacenamiento.	41
7.3. Presa de derivación.	42
7.4. Planta de bombeo.	43
7.5. Obras de conducción.	44
7.6. Conclusiones y recomendaciones.	44
CAPITULO VIII.- INGENIERIA DE PROYECTO.	45
8.1. Antecedentes.	45
8.2. Fuentes de abastecimiento.	49
8.3. Zona de riego.	58

8.4.	Obras complementarias.	65
8.5.	Maquinaria y equipo para conservación.	67
8.6.	Indemnizaciones.	68
8.7.	Presupuesto.	68
8.8.	Programa de inversiones.	69
CAPITULO IX.- EVALUACION ECONOMICA.		70
9.1.	Criterios de evaluación.	70
9.2.	Cuantificación de costos y beneficios.	70
9.3.	Evaluación del proyecto.	72
CAPITULO X.- ORGANIZACION.		76
10.1.	Organización del distrito de riego.	76
10.2.	Reestructuración de la tenencia de la tierra.	76
10.3.	Posibilidades para el establecimiento de agroindustrias.	77
10.4.	Requerimientos de asistencia técnica y centros de investigación agropecuaria.	77
10.5.	Proposiciones sobre el abastecimiento de insumos técnicos y la comercialización de los productos.	77

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

El continuo aumento de los requerimientos del país en cuanto a productos agropecuarios se refiere, además de la creciente presión poblacional en demanda de tierra por parte de grupos de campesinos en todo el país, obliga al planteamiento y ejecución de actividades tendientes al aprovechamiento de los recursos disponibles en zonas donde existe factibilidad de llevarlas a cabo.

Al realizar un balance, se encuentra que no existe una igualdad entre las necesidades y los recursos, es decir, no se pueden cubrir las necesidades en las proporciones requeridas, entonces se tienen que limitar los objetivos de acuerdo con las posibilidades que se tienen para alcanzarlos.

La planeación ayuda a resolver esta contradicción entre la necesidad y la disponibilidad de recursos.

El estudio de un proyecto de riego se apoya en 3 elementos básicos: metas económicas y sociales del país en materia agropecuaria; inventario de proyectos estudiados a diferentes niveles de precisión y el establecimiento de prioridades entre los proyectos; es decir: qué construir, cómo construir, - - cuándo hacerlo.

Los estudios de un proyecto requieren de un largo período de ejecución e inversiones considerables y debido a limitaciones de presupuesto y personal, no es posible llevar a los mínimos detalles los estudios de todas las iniciativas de proyectos que se generen. Debido a esto, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ha manejado el desarrollo de un proyecto hidráulico en

varias etapas, denominadas: identificación, gran visión, preliminar, de factibilidad y proyecto definitivo. A cada etapa le corresponden diferentes niveles de estudio. Las cuatro primeras etapas del estudio corresponden a la fase de pre-inversión y la 5a. a la de inversión.

En la gráfica se esquematiza el sistema generador de proyectos que en términos generales opera en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Según esto, un estudio a gran visión debe fundamentarse en los resultados de la planeación del sector agropecuario a nivel nacional, en el cual se enmarque el proyecto de acuerdo con los objetivos nacionales de los sectores relacionados. Una vez definida la planeación regional, se procederá a llevar a efecto los estudios de gran visión mediante el desarrollo de una serie de actividades técnicas, económicas y sociales, básicamente de gabinete y reconocimiento de campo que permitan establecer de una manera muy general las características físicas, socioeconómicas, ecológicas, culturales y políticas de los pobladores. Con base a esto, es posible definir qué proyectos resultarán más convenientes y en base a esto y previa decisión superior se pase a la siguiente etapa.

En las siguientes etapas será complementada y afinada la información necesaria y procesada a fin de obtener indicadores que permitan evaluar los proyectos en función de alternativas de inversión.

A medida que se avanza en el proceso el número de proyectos se va reduciendo pero va aumentando la seguridad de que los seleccionados serán los que mejor permitan el logro de los objetivos previamente planteados. El análisis de un proyecto hidráulico requiere de la conjunción de muchos factores que de-

ben estudiarse siempre en forma interrelacionada, ya que ésta es la única manera de acercarse al óptimo.

Un sistema hidráulico podría contar por ejemplo con una presa de almacenamiento, una derivadora, canales de conducción y una zona de riego. El estudio preliminar diría si puede o no construirse el proyecto y en caso afirmativo proporcione la información básica preliminar con la cual se llegó a determinar la conveniencia de la obra. Al hacer el análisis en el nivel de factibilidad, habrá necesidad de hacer los levantamientos topográficos complementarios o de más detalle, exploraciones geológicas, estudios agrológicos, estudios hidrológicos, agronómicos y socioeconómicos, los cuales servirán de base para el estudio. Si de los componentes del sistema hidráulico nos concentramos a la presa, surgen las siguientes incógnitas: ¿De qué capacidad? ¿En qué sitio? ¿Qué tipo de presa?, etc., para el caso de la zona de riego surgen - - otras más: ¿Qué área cubrirá? ¿Cuál será su lotificación? ¿Qué características deberá contener la red de distribución? ¿Qué cultivos se desarrollarán? ¿En qué porcentaje? ¿Qué láminas considerar?, etc.

Para el caso de la presa, podríamos pensar que la capacidad quedará definida por el escurrimiento del río y por la demanda de agua en la zona de riego. Pero la demanda de agua es función del tamaño de la zona de riego, dependerá de la topografía de la misma y de la calidad de los suelos; por otro lado, la demanda de agua dependerá de los planes de cultivo y ésto a su vez - de las condiciones ecológicas de la zona así como de las condiciones de mercado de los productos. Por otra parte, el tamaño de la presa no dependerá sólo de estos factores, sino de las condiciones topográficas y geológicas de las posibles boquillas y sus vasos correspondientes, ya que dichas condiciones pue-

den limitarnos físicamente o económicamente el tamaño de la presa, por otro lado, no podemos proponer una presa de gran almacenamiento si las condiciones de la zona de riego nos restringen el área por beneficiar. Adicionalmente a estos factores hay condiciones sociales que pueden limitar en un momento dado el proyecto como serían las condiciones de indemnización en el caso de la presa, la tenencia de la tierra, la aceptación o rechazo de los futuros usuarios del proyecto, etc.

Toda esta serie de factores descritos anteriormente, conducen al establecimiento de un gran número de alternativas de anteproyectos por estudiar.

Una vez que se ha definido la mejor alternativa del proyecto, así como su tamaño óptimo en base a los modelos de optimización que nos conducen a maximizar la relación beneficio-costos, se llevan a cabo los anteproyectos, definitivos de las obras y se estiman en forma realista los beneficios derivados del mismo, evaluándose una serie de parámetros técnicos, económicos y sociales y así poder llevar a establecer finalmente la factibilidad técnica, económica y social del proyecto.

Es por lo tanto, objeto de este trabajo, proporcionar una metodología para realizar este tipo de anteproyectos, tomando en cuenta que cada proyecto es único en sus características físicas, sociales y económicas y por lo tanto, es difícil definir un proceso universal mediante el cual se llegue siempre a la mejor decisión.

CAPITULO II.- ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL EN LA ZONA DE PROYECTO.

2.1. ANTECEDENTES.

Para este tipo de estudios, se requiere realizar recorridos de campo que permitan un conocimiento general de la zona por estudiar e identificar: poblados, caminos, corrientes y depósitos de agua superficiales, accidentes naturales y a través de encuestas recopilar información directa sobre las condiciones socioeconómicas que prevalecen principalmente en el sector agropecuario.

Se recopila la información cartográfica, bibliográfica y estadística disponible de las dependencias oficiales y privadas de la región y en las oficinas centrales de dichas instituciones.

2.2. LOCALIZACION Y DELIMITACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Se requiere describir geográfica y políticamente la ubicación de la zona, dando a conocer coordenadas geográficas y altitudes, detallando los municipios integrantes de la misma anotando la entidad federativa a que pertenezcan, citando las poblaciones más importantes, incluyendo las localidades vecinas de mayor relevancia, así como el número y nombres de los ejidos. Se elabora un croquis de localización.

2.3. CONDICIONES NATURALES.

Con base a la información cartográfica disponible, fotografías -

aéreas, levantamientos topográficos, bibliografía y el conocimiento de las características de la región, se hace una descripción de la orografía regional atendiendo la existencia de planicies, valles, cordilleras de regiones y - - otros aspectos. Con apoyo de los recorridos de campo se hace una exposición general de la geología del área de estudio, actividad que consiste en observar su influencia en el origen y modo de formación de los suelos.

Se hace una descripción de la red hidrológica y las principales características de los escurrimientos y depósitos de agua superficiales. Así mismo se hace mención de las particularidades de los aprovechamientos de - - aguas subterráneas y superficiales de los estudios relacionados con las posibilidades de optimizar el uso de estas aguas.

Se determinan los tipos dominantes de la vegetación natural que crece en los suelos, motivo de este estudio, su clasificación así como sus - nombres populares. Se relaciona el suelo con la vegetación existente.

Se localizan las estaciones climatológicas seleccionadas como re presentativas, sus períodos de observación y registros de fenómenos meteorológicos. Se hace un análisis estadístico de los registros, calculando la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos más importantes para la actividad agro pecuaria.

Con los datos de las estaciones se procede a clasificar el o los climas de acuerdo con el 2º sistema de Thornthwaite y el sistema propuesto - por Köppen modificado para las condiciones de la República Mexicana por E. - García, interpretando ambas clasificaciones para fines agrícolas y ganaderos.

2.4. CONDICIONES SOCIOECONOMICAS.

Basándose en la información censal en datos estadísticos de instituciones oficiales y privadas, complementada con la obtenida en las investigaciones directas realizadas en la zona, establece la situación socioeconómica actual de la misma, que comprende el uso del suelo, modalidad del uso, - - principales cultivos, superficie sembrada y cosechada, rendimientos, superficie dedicada a la ganadería, razas principales, productos y subproductos, niveles tecnológicos del sector agropecuario, siniestros y sus agentes casuales así como otros aspectos de interés.

El aspecto demográfico se ha de referir a la población de los municipios integrantes del área beneficiable, distinguiendo los agregados urbano y rural, así como los económicamente activos por sectores de producción, - estimándose los períodos de ocupación de la mano de obra.

Para señalar los niveles de escolaridad, de ingresos, la estructura de la tenencia de la tierra, la infraestructura hidráulica y de servicios, así como los servicios asistenciales se recurre a la información disponible en las instituciones correspondientes y en los datos obtenidos por investigación directa en la zona de estudio.

2.5. USO ACTUAL DEL SUELO.

Para la obtención de la información actualizada del uso actual del área en estudio, se consultará al Banco Nacional de Crédito Rural, Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera, Secretaría de Agricultura y Recursos Hi-

drúlicos, Organizaciones Agrícolas y Ganaderas y Centrales Campesinas, así mismo se consultará a los comisariados ejidales y a los pequeños propietarios y/o usuarios de la tierra.

Por medio de fotografías aéreas se realiza una fotointerpretación preliminar para determinar el uso del suelo y la tenencia de la tierra. En dichas fotografías se marcarán los linderos de las diferentes superficies según su uso.

Los resultados que se obtienen, se plasman en planos a una escala conveniente, marcándose los linderos de las diferentes áreas según su uso: agrícola, pecuario y forestal, subdividiendo el primero en riego y temporal o humedad; el segundo en pastos cultivados, inducidos o naturales, señalando su situación actual, la infraestructura con que se cuenta tal como tipo de cercos, número de hilos, número de postes, corrales de marejo, baños garrapaticidas, básculas, etc., marcándose en los planos su existencia y el terreno ocupado por bosques, selvas o asociaciones vegetales.

Mediante recorridos de campo se verifica la fotointerpretación efectuada, marcándose con la mayor precisión posible los límites de los predios existentes en la zona del proyecto según el tipo de propiedad, la superficie que comprende cada uno de éstos, la ubicación y concentración de los propietarios y/o usuarios de la tierra, superficie por cultivo, costos de producción y precios medios rurales por lo menos en el último ciclo agrícola completo.

Por métodos gráfico-aritméticos, se calculan las áreas de los di

ferentes usos de suelo y de cada predio según su régimen de tenencia, basándose en ambos casos en la delimitación marcada en los planos correspondientes.

Los planos de uso actual del suelo contendrán los principales detalles planimétricos, linderos de usos y claves de suelo, anexando cuadros con valores agregados sobre superficie por cultivo, diferenciando anuales de perenes, rendimientos, costos de producción, se ubicarán caminos, vías férreas, - líneas eléctricas y telefónicas e infraestructura hidroagrícola existente.

Con la información obtenida en encuestas, investigaciones de campo así como la bibliografía, se formula un patrón de usuarios donde se indican los siguientes datos: estado, municipio, número de predio, régimen de tenencia, superficie del predio y uso predominantemente agrícola (de riego, humedad o temporal, cultivos anuales o perenes, ganadería por especie, extensiva o intensiva, cerril forestal, etc.)

Se dan conclusiones y recomendaciones sobre la explotación agrícola actual, la explotación ganadera actual, sobre la explotación frutícola actual, sobre la explotación silvícola y problemas de reforestación y sobre la conveniencia de llevar a cabo cambios en los sistemas de producción agropecuaria.

2.6. TENENCIA DE LA TIERRA.

De existir fotografías aéreas, se realiza una fotointerpretación preliminar para determinar el uso y la tenencia de la tierra.

Mediante recorridos de campo se verifica la interpretación efectuada, marcándose con mayor precisión los linderos según el tipo de propiedad, la ubicación y concentración, indicando las zonas federales y urbanas.

Se analizan las zonas en conflicto si existen, tamaño medio de los predios en la zona, el uso a que se destinan las tierras, organizaciones campesinas, su grado de influencia y afiliados, representación de la Secretaría de la Reforma Agraria en la zona y recomendaciones para posibles reestructuraciones.

El estudio de tenencia de la tierra es necesario realizarlo a nivel parcelario a la fecha de los levantamientos e investigaciones de campo marcándose los linderos de los predios en presencia de los ejidatarios, propietarios o usuarios, anotando en cuestionarios ya elaborados los datos del propietario, el régimen de tenencia, documentación, datos físicos del predio, etc.

Se elabora una descripción de las diferentes formas de tenencia como son: ejido, pequeña propiedad y comunidades agrarias, así como su organización para la producción y comercialización. Se incluye en el informe los problemas sobre linderos y límites de propiedad si es que existen en la zona.

La información legal y estadística que se recaba respecto a los ejidatarios se puede resumir en la siguiente:

- Clave
- Nombre del ejido
- Municipio a que pertenece

- Nombre del comisariado ejidal
- Número de beneficiados
- Superficies legales totales (temporal y agostadero)
- Superficie gráfica en hectáreas
- Diario Oficial en que se publicó
- Fecha de deslinde definitivo
- Fecha de posesión definitiva
- Fecha de resolución presidencial
- Fecha de última depuración censal
- Inmuebles, descripción, tipo de material, estado actual y valor estimado.

Los datos que se recomienda recabar para los pequeños propietarios son los siguientes:

- Clave
- Municipio
- Nombre del propietario
- Superficie gráfica en hectáreas
- Descripción elemental de casa-habitación, cimientos, muros, techos e instalaciones, estado en que se encuentran y avalúo estimado.
- Tipos de linderos
- Características elementales (temporal, agostadero o riego)
- Cultivos principales (superficie, rendimientos, costos de producción y precios medios rurales)
- Certificado de inafectabilidad

Respecto a comunales se establecen los siguientes datos:

- Clave
- Zona
- Municipio
- Superficie en hectáreas
- Descripción elemental de casas, en general de construcciones - e instalaciones, estado en que se encuentran y avalúo estimado

De las zonas federales únicamente son necesarios los siguientes -
datos:

- Clave
- Nombre
- Municipio
- Superficie gráfica en hectáreas

Con toda la información obtenida se formará un patrón de usua---
rios y las superficies que actualmente guarda la tenencia de la tierra así co-
mo sus porcentajes de superficie y distribución.

CAPITULO III.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

3.1. CUENCAS DE CAPTACION.

Objetivos del Levantamiento

El levantamiento de una cuenca de captación se hace generalmente para determinar el área de la cuenca y la forma de concentración de las aguas a fin de utilizar estos datos en la solución de problemas hidrológicos, necesarios para realizar estudios básicos indispensables en el proyecto de obras de defensa, de riego, vías de comunicación, etc.

Precisión del Levantamiento

En términos generales y tomando en cuenta el uso que se da a los datos obtenidos del levantamiento de una cuenca esta no debe hacerse a una precisión mayor de 1:100.

Los cierres de 1:500 en las poligonales de apoyo son bastante aceptables.

Levantamientos Topográficos

El levantamiento de una cuenca de captación presenta dos aspectos principales:

- Identificación del parteaguas

- Levantamiento de la cuenca

Con el levantamiento de una cuenca se obtienen datos para determinar:

- Area y forma de la cuenca
- Forma de concentración de las aguas (cauces principales y pendientes de los mismos)
- Cubierta vegetal (zonas forestales, cultivadas, pastizales, etc)
- Condiciones geológicas (naturales del terreno y características generales de cada zona de la cuenca)

Método de Levantamiento

Para el levantamiento topográfico de una cuenca de captación se pueden utilizar los siguientes procedimientos topográficos.

- Poligonales con plancheta
- Poligonales con tránsito y estadía
- Triangulación con plancheta
- Intersecciones con plancheta
- Poligonales aéreas

3.2. VASOS DE ALMACENAMIENTO

Objetivo del Levantamiento

Generalmente se realiza para:

- 1) Determinar su capacidad a diferentes alturas de cortina.
- 2) Conocer las áreas de embalse a diferentes elevaciones con objeto de poder estimar las pérdidas por evaporación.
- 3) Obtener el plano topográfico que sirva de apoyo a los estudios geológicos, conociendo de estos el grado de impermeabilidad del vaso.
- 4) Determinar las áreas de distribución de las propiedades inundadas.

En resumen el levantamiento se realiza con el objeto de obtener datos para los estudios hidrológicos, geológicos e hidroeléctricos necesarios para proyectar las diferentes partes estructurales de una presa así como estudiar las afectaciones.

Diversas Clases de Levantamiento

Los levantamientos topográficos en vasos de almacenamiento de acuerdo a su precisión, se dividen en:

- Levantamiento expeditos
- Levantamientos definitivos

Los levantamientos expeditos se realizan cuando el objetivo sea estudiar varios vasos y así hacer estudios económicos comparativos de las diversas estructuras seleccionando el que tenga mejores características.

Estos levantamientos se realizarán con los procedimientos siguientes:

- 1) Poligonales con brújula y secciones
- 2) Poligonales con estadía y secciones transversales
- 3) Poligonales con plancheta

En este tipo de levantamiento se permiten errores de hasta un 10 y 1%.

Los levantamientos definitivos se realizan en una forma más cuidada y detallada, pudiéndose conocer su capacidad y las indemnizaciones con mayor precisión.

Esta clase de levantamiento se realiza en dos etapas, la primera etapa consiste en establecer puntos de control y apoyo mediante una red de poligonales trazadas con tránsito y estadía de preferencia a lo largo de caminos, linderos de propiedad, cauces de arroyo, etc. Como origen para los levantamientos se sitúa un punto sobre el eje de la boquilla. La segunda etapa consiste en la configuración del terreno y el levantamiento de detalle mediante métodos taquimétricos con plancheta o con tránsito.

El levantamiento del vaso comprenderá como complemento indispensable, el levantamiento catastral y de detalle, o sea, uso actual del terreno dentro del vaso, censo de población y todos los datos necesarios para hacer una evaluación de las afectaciones.

En el caso de aprovechamientos agrícolas que es el más común, se levantarán linderos de todas las propiedades, haciéndose un inventario de las que resultarán afectadas.

3.3. SITIOS PARA PRESAS

Objetivos del Levantamiento

Estos levantamientos se realizan con los siguientes objetivos:

- a) Servir de apoyo para las exploraciones geológicas
- b) Disponer de un plano topográfico detallado para el diseño de la cortina y obras auxiliares
- c) Establecer puntos que puedan ser utilizados para el control de líneas y niveles durante la construcción

Precisión del Levantamiento

Este levantamiento debe hacerse con estricta precisión. Para el cierre lineal de las poligonales se admitirá una tolerancia de 1:5000 y para el cierre angular se admitirá una tolerancia expresada por la siguiente fórmula:

$$T_a = a \sqrt{n}$$

T_a = Tolerancia angular (en minutos)

a = Aproximación del aparato (en minutos)

n = Número de vértices de la poligonal

La tolerancia en las nivelaciones se expresa con la siguiente fórmula:

$$T_n = 10 \sqrt{k}$$

T_n = Tolerancia en milímetros

k = Número de kilómetros nivelados

Método de Levantamiento

Este tipo de levantamiento no debe hacerse con carácter preliminar, sino definitivo ya que es una superficie relativamente pequeña con el fin de obtener los diseños de las obras y las estimaciones lo más aproximadas posibles.

El levantamiento para el sitio de una presa constará de dos etapas:

La primera etapa consiste en el establecimiento de puntos de control por medio de poligonales corridas y cinta de acero. Primero se trazará la línea correspondiente al eje probable de la cortina; en seguida se llevará una poligonal a lo largo del cauce del río ligada a la primera, que se extenderá lo necesario para cubrir toda el área que ocupará la cortina y las obras auxiliares.

Este sistema de poligonales debe ligarse con la poligonal principal que enlaza con el levantamiento general de la zona.

Todos los vértices de esta red de poligonales se nivelan con nivel montado, y los monumentos se referirán al nivel del mar.

La segunda etapa consiste en la configuración del terreno y levantamiento de detalles. Esta se hace preferentemente con plancheta y se apoya--

rán en los puntos de control establecidos previamente. Deben procurarse establecer poligonales secundarias de apoyo para levantamiento cuando existan detalles de importancia para el proyecto tales como "Talwegs" que sirven para alojar el canal de descarga del vertedor, puertos que se encuentren a niveles inferiores al probable embalse y tengan que cerrarse con diques o puertos que permitan alojar el vertedor de demasías.

En sitios con laderas abruptas o acantiladas y con vegetación escasa, resulta conveniente hacer el levantamiento por métodos fotogramétricos.

3.4. TERRENOS REGABLES

Objetivo del Levantamiento

El levantamiento topográfico de los terrenos regables tiene por objeto formar un plano topográfico suficientemente preciso y a una escala adecuada para proyectar sobre él la red de canales, sistema de drenaje, y caminos que constituirán un distrito de riego.

Precisión en los levantamientos

La precisión de los planos topográficos puede ser medida por una apreciación combinada del carácter y cantidad de su control, su compensación, la precisión con que las medidas de campo fueron efectuadas y dibujadas y la cantidad de detalles registrados.

Quando los errores estén fuera de tolerancia deben ser localiza--

dos y corregidos. En caso de que esta localización no sea posible, aquella -- parte del levantamiento debe ser desechada.

Control de los Levantamientos

El control para apoyo del levantamiento topográfico de un área -- de terrenos regables consta de dos partes:

- a) Control horizontal, que consiste en una red de poligonales, - triangulación, un sistema de cuadrícula o una combinación de dos o tres de estos métodos y sirven para situar en planta - las estaciones de control.
- b) El control vertical, que consiste en una serie de bancos de - nivel convenientemente distribuidos sobre el terreno, para -- servir como puntos de partida o de cierre para las nivelaciones y para situar en elevación los puntos del terreno que servirán para hacer la configuración.

El control proporciona el esqueleto para apoyo del levantamiento, que posteriormente se rellena con los puntos del terreno de elevación conocida, las curvas de nivel y los detalles.

Poligonales

Cuando se trate de pequeñas áreas el control consiste en una poligonal cerrada que se correrá cerca del perímetro del terreno.

Para áreas de mediana extensión, el control consiste en una poligonal o un sistema de poligonales corridas con tránsito y cinta, por el método de medición directa de ángulos con un error lineal de cierre no mayor de - 1:5000.

Cuando el trabajo lo requiera se corren poligonales con plancheta, apoyadas en puntos de las poligonales corridas con tránsito y cinta.

Triangulación

El uso de una triangulación topográfica como control horizontal de un levantamiento está reservada para terrenos de gran extensión.

La longitud de los lados de las figuras no excederá de 25 km. y la base de 2 km. tolerándose un error entre los valores medio y calculado de ésta de 1:5000. El error tolerable de cierre de un triángulo será = 15" y el promedio de los errores de cierre de 8".

Cuadrícula Rectangular

Este es el tipo de control más conveniente y adecuado para el levantamiento de terrenos de riego y consiste en una cuadrícula rectangular formada por líneas trazadas con tránsito y cinta de acero espaciadas un kilómetro en ambas direcciones y monumentando en los cruces.

Para el cierre de los cuadros se admiten las tolerancias dadas por las siguientes fórmulas:

$$T = \sqrt{p (0.000000013 p + 0.00003)}$$

$$A = 2\sqrt{16^2 N + 10^2 n}$$

p = Suma de las longitudes de los lados del cuadro o rectángulo expresada en metros.

T = Tolerancia lineal expresada en metros

A = Tolerancia angular expresada en segundos

n = Número de estaciones de tránsito en la prolongación del alineamiento

N = Número de estaciones en vértices de cuadrícula donde se estableció ángulo incluyendo el vértice en que se hace el cierre.

En la nivelación de los circuitos se admite la tolerancia que nos da la siguiente fórmula:

$$T = 10\sqrt{n}$$

T = Tolerancia expresada en milímetros

n = Longitud del circuito en kilómetros

3.5. FOTOGAMETRIA

Objetivo de la Fotogrametría

La fotogrametría es un valioso auxiliar para el estudio de los aprovechamientos hidráulicos, su vasto campo de aplicación comprende desde la interpretación fotográfica de vistas sueltas para simples reconocimientos del terreno hasta el complicado procedimiento de restitución fotográfica para obtener planos topográficos de precisión.

La aerofotogrametría en particular tiene innumerables aplicaciones en las actividades de exploración, investigación, estudio y planeación; - su vasto campo abarca la geología, cartográfica, silvicultura, etc.

Precisión de los Levantamientos Fotogramétricos

En los trabajos que realiza la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos se han aceptado los siguientes valores:

- Planimetría

El error en cualquier sentido de todos los puntos comprobados, no debe exceder de 2 mm., a la escala del plano.

- Altimetría

Los errores en el 50% de los puntos de comprobación deben ser menores que la mitad de la equidistancia mínima entre las curvas de nivel.

Los errores en el 50% restante de los puntos de comprobación deben ser menores que la equidistancia entre las curvas de nivel.

CAPITULO IV.- ESTUDIOS DE GEOLOGIA Y DE DISPONIBILIDAD DE MATERIALES.

4.1. INTRODUCCION

El objetivo de estos estudios es el de determinar las características geológicas y estructurales que presenta el área de estudio, la resistencia mecánica y la impermeabilidad de las rocas localizadas en el área de la boquilla.

En base a los datos obtenidos en el informe geológico preeliminar se determina el sitio más favorable para la boquilla y se hace la interpretación definitiva de la geología en detalle del área; se incluye una información detallada de las actividades efectuadas, así como de las conclusiones y recomendaciones que se deriven del mismo.

4.2. ESTUDIO GEOLOGICO DE LA BOQUILLA

Se hace un estudio detallado de las características geológicas y estructurales del área de la boquilla indicando el rumbo de las capas, echado e intensidad.

Se describe la secuencia estratigráfica correspondiente, incluyendo un estudio petrográfico, indicando los espesores de las formaciones existentes, tipo y análisis granulométrico del espesor del aluvión y suelo vegetal y los tipos de contactos geológicos encontrados en sus características (grado de alteración).

Se describen las condiciones estructurales bajo las que se encuentran las formaciones (fallas, fracturas, diaclasas, zonas de trituración, pliegue, metamorfismo regional y la determinación de antiguos cauces), así como el grado en que afectarían en la construcción, complementando con datos, como son: rumbo, echado e intensidad.

4.3. PROGRAMA DE EXPLORACIONES

Las perforaciones se efectúan a la profundidad en que se encuentra la roca sana, considerándose en forma aproximada a una profundidad igual a la altura de la cortina proyectada. Estas perforaciones se realizan por medio de maquinaria rotatoria sobre el eje de la boquilla. Los diámetros para la realización de estas perforaciones son de 10 cm. (Shelby) para un muestreo inalterado en depósitos blandos y penetración standar o perforación con barril Dennison NQ (4") en las formaciones o estratos más resistentes del subsuelo.

Se realizan registros en cada exploración señalando las características físicas y profundidades correspondientes, así como el porcentaje de recuperación de muestras e índice de calidad de roca.

Se elabora un perfil geológico de la boquilla a una escala conveniente en base a las exploraciones realizadas, anexando una descripción detallada de la litología.

Se realizan pruebas de permeabilidad (Lugeon y/o Lefranc) para cada exploración en tramos de 5 metros.

Se efectúa un registro de campo de las pruebas LeFranc para cada perforación. Así como de las pruebas de Lugeon.

Las exploraciones se referencian a un perfil topográfico levantado con anterioridad y se designan con cadenamientos y elevaciones de los brocales.

De las muestras obtenidas en la boquilla se les hacen las siguientes pruebas en el laboratorio:

PRUEBAS INDICE

- Granulometría
- Densidad
- Límites de Atterberg
- Proctor (Compactación)

PRUEBAS MECANICAS

- Consolidación unidimensional
- Permeabilidad
- Peso volumétrico
- Corte directo
- Corte por torsión
- Triaxial Ø 15 cm
- Triaxial Ø 10 cm
- Triaxial Ø 38 cm

- Medición de la presión de poro
- Goniométrica

Se calcula la capacidad de carga, la evaluación de los asentamientos, análisis de redes de flujo en el conjunto suelo, dique y estabilidad de taludes en base a los análisis de laboratorio realizados.

Se presentan gráficas y registros de los resultados condensados de las determinaciones del laboratorio.

Se deberá realizar un estudio geofísico para la localización de cavernas en la (s) boquilla (s) y un estudio espeleológico para predecir las afectaciones que pudieran tener.

4.4. LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES

A fin de conocer la disponibilidad de los materiales de construcción, se hace una localización exacta de los bancos de material a la menor distancia posible de los siguientes materiales:

- Rocas
- Agregados (gravas, arenas)
- Limos y arcillas

Para agregados (gravas y arenas) la localización del banco puede fijarse en las obras de limpia para el desplante de la cortina, si los materiales cumplen con las necesidades para la construcción de la estructura.

La ubicación de los bancos de roca se determina preferentemente -
aguas abajo del eje, indicando la magnitud del afloramiento, sus característi-
cas estructurales, de textura, así como el grado de alteración que presenta.

Es conveniente realizar un levantamiento topográfico detallado --
del área superficial de los bancos de material, refiriendo su posición respec-
to al eje probable de la cortina, la delimitación de las áreas de los difeten-
tes tipo de material impermeable, así como de los volúmenes disponibles. En -
base a estos datos se formula un plano regional con localización de los ban-
cos de préstamo.

A los materiales de los bancos se les debe hacer los siguientes -
análisis de laboratorio.

PARA ROCA

- Índice de calidad de la roca (R.Q.D.)
- Estudio petrográfico (para conocer su clasificación)
- Pruebas de calidad (abrasión, intervalo acelerado)
- Densidad
- Peso volumétrico

PARA LIMOS Y ARCILLAS

- Límites de plasticidad
- Límite líquido
- Granulometría

- Peso volumétrico
- Proctor (compactación)

PRUEBA INDICE

- Granulometría
- Densidad
- Límites de Atterberg
- Proctor (compactación)

PRUEBAS MECANICAS

- Consolidación unidimensional
- Permeabilidad
- Peso volumétrico
- Corte directo
- Corte por torsión
- Triaxial Ø 15 cm
- Triaxial Ø 10 cm
- Triaxial Ø 30 cm
- Medición de la presión de poro
- Goniométrica

Se calcula la capacidad de carga, evaluación de asentamientos, - análisis de redes de flujo en el conjunto suelo-dique y estabilidad de taludes en base a los análisis de laboratorio realizados.

Deben elaborarse gráficas y registros de los resultados condensa-

dos de las determinaciones de laboratorio.

4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos, se formula un informe que contenga recomendaciones en relación con las características del o los sitios estudiados, el grado e intensidad de los problemas estimados y las recomendaciones pertinentes para la ejecución del proyecto. El informe se ilustra con planos geológicos del vaso y boquilla, así como gráficas y registros de laboratorio y gabinete. Se dan las recomendaciones más convenientes en lo referente a los siguientes puntos:

- Tipos de cortina
- Trabajos de limpia y excavación en el sitio de cimentación de la cortina y obras auxiliares
- Canales y túneles para las obras de derivación
- Trabajos de inyección y en general de consolidación e impermeabilización

CAPITULO V.- ESTUDIO AGROLOGICO

5.1. INTRODUCCION

El propósito fundamental de este estudio, es el de caracterizar - los aspectos físico-químicos de los suelos, así como determinar su distribu- ción en relación a la aptitud de los suelos para el desarrollo agropecuario - del área.

5.2. GEOMORFOLOGIA

Con base en la información cartográfica y topográfica disponible - así como de bibliografía y recorridos de campo, se hace una descripción de la orografía regional así como de la geología del área de estudio, destacando la influencia de ésta en su origen y formación de los suelos.

5.3. ESTUDIO DE LOS SUELOS

Se colecta toda la información existente en las oficinas de la Se- cretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y otras dependencias, tanto en las centrales como en las regionales, sobre las características de los suelos y aspectos generales de la región.

Se toman los datos de campo por medio de barrenaciones hasta una - profundidad de 1.50 m. con la densidad requerida para determinar el número de pozos a cielo abierto a fin de delimitar las series y clases de suelo.

Se toman muestras de agua de las corrientes y/o de los pozos existentes susceptibles de aprovecharse para riego.

Las muestras de suelo y agua colectadas se analizan en el laboratorio para determinar las características físicas y químicas que permitan clasificar los suelos, delimitar las series y clasificar las aguas con fines de riego.

A los suelos se les determina: textura, capacidad de campo, punto de marchitamiento, humedad aprovechable, velocidad de infiltración, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, los cationes y aniones en el extracto de saturación, el porcentaje de sodio intercambiable, nitrógeno total y fósforo, potasio y calcio aprovechables.

En base a estos datos se procede a clasificar los suelos con fines agrícolas indicando su finalidad, factores y parámetros de clasificación, criterios de clasificación, definición de las clases agrícolas de suelos y se elaboran planos a escala conveniente de la clasificación.

En el agua se determina: la conductividad eléctrica, los aniones y cationes, se calculan los indicadores necesarios para su clasificación con fines de riego.

5.4. CAPACIDAD DE USOS Y MANEJO DE LOS SUELOS

En esta parte del estudio se relacionan los recursos naturales y humanos disponibles y su potencialidad. Con el resultado del estudio de los

suelos se determina su mejor aprovechamiento mediante la construcción de obras de infraestructura hidráulica y un manejo apropiado de sus características, para determinar su capacidad de uso en actividades agropecuarias.

Con este fin se propone una cartera de los cultivos que se adapten y puedan prosperar en la zona indicando las variedades, fechas de siembra, técnicas de manejo recomendables (preparación del terreno, siembra, labores de cultivo, manejo del ganado, etc.), fórmulas de fertilización, control y combate de las plagas y enfermedades más comunes.

Así mismo, se contempla el desarrollo de actividades pecuarias, - especies, razas y sistemas de explotación recomendables.

La selección de las actividades agropecuarias por desarrollar y el nivel tecnológico aplicable, se basan en los resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y el de Investigaciones Pecuarias - en la región o en regiones que reúnan las condiciones similares y que puedan adaptarse al área de estudio.

Las necesidades de riego y las láminas son calculadas utilizando - el método indirecto de Blanney-Criddle, descontando del uso consuntivo calculado la lluvia aprovechable; este valor es afectado por las eficiencias de conducción y de manejo del agua estimadas.

Deben indicarse las necesidades de lavado y uso de mejoradores en caso de existir suelos salinos y/o sódicos, condiciones y necesidades de drenaje agrícola y las prácticas de control y recuperación mecánica y vegetativa de los suelos a fin de conservarlos.

5.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el análisis de la información y de los resultados se obtienen los indicadores que se precisan para orientar los juicios sobre la potencialidad agropecuaria de la zona y hacer las recomendaciones pertinentes.

CAPITULO VI.- ESTUDIO HIDROLOGICO

6.1. OBJETIVO

La finalidad de este estudio es el de conocer la disponibilidad de agua en la cuenca estudiada con el propósito de aprovechar lo mejor posible sus escurrimientos.

En base a los diversos datos climatológicos se podrán determinar las avenidas probables en los ríos, los recursos superficiales disponibles, - los faltantes de agua y los índices de escurrimiento que se requieren para diseñar los canales de la red de drenaje.

6.2. INFORMACION DISPONIBLE

La información que se requiere para realizar los estudios hidrológicos se recopila de las dependencias oficiales y privadas de la región, así como de observaciones directas.

De la información topográfica, hidrométrica, meteorológica y - - agrológica que más interesa, se cuentan los siguientes datos:

- Topografía de la cuenca
- Topografía de los vasos
- Localización de las estaciones hidrométricas
- Aforos
- Contenido de sólidos en suspensión

- Precipitaciones
- Evaporaciones
- Temperaturas
- Extensión y clases de suelos
- Características agrológicas de los suelos
- Plan de cultivos

6.3. SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL VASO

Tomando en cuenta las características hidrológicas de la cuenca, estos estudios se inician con la estimación de los volúmenes de escurrimiento decenal y su acumulación mensual, procurando que los períodos de análisis respectivos sean de la mayor amplitud posible. Esto se logra a base de observaciones directas, por correlaciones con datos tomados en estaciones vecinas con comportamientos similares o mediante extrapolaciones basadas en información pluviométrica.

Con estos datos y con el régimen de demandas vía la aplicación de los métodos de Thornthwaite y Blaney-Criddle, se desarrollan los estudios de funcionamiento de vaso y en su caso los concernientes a las derivaciones que se proyecten realizar.

En los análisis de almacenamiento se deben respetar las siguientes especificaciones.

La deficiencia máxima en un año no debe ser mayor que el 60% del volumen demandado. En dos años consecutivos no ha de superar el 90% del cau-

dal respectivo de la demanda con un máximo anual del 55% y en tres años consecutivos la deficiencia total no debe ser mayor de 110% del volumen demandado - anualmente y restringiendo la eficiencia anual máxima al 50% del caudal respectivo.

No se han de tener deficiencias por más de tres años consecutivos y en promedio una cada cuatro años.

La suma de los porcentajes de deficiencias para el período de estudio no debe exceder del 5% en promedio anual.

Por cuanto atañe a derivaciones, los estudios se hacen a base de volúmenes escurridos decenalmente, en los casos en que se cuente con datos hidrométricos.

En promedio, se tolera que exista una deficiencia anual por cada tres años del período de observación o en términos de tiempo no deben existir períodos de deficiencia que superen el 33% del lapso del análisis.

En lo que concierne a deficiencias máximas admisibles, la decenal es del 80% del volumen demandado respectivo, la vigesimal del 120% de la demanda decenal, la trigesimal del 150% de la misma demanda y la cuadragécima de 170%.

En caso de que no se cuente con registros detallados, la deficiencia mensual máxima admisible no ha de excederse del 50% de la demanda mensual y la deficiencia anual no debe superar el 20% de la demanda respectiva.

Finalmente, para la derivación de corrientes no se aceptan más - de tres deficiencias anuales consecutivas.

6.4. ESTUDIO DE AVENIDAS

Este estudio se realiza con la finalidad de obtener la avenida - máxima probable. Y una vez obtenida ésta, transitarla por el vaso.

Si existen datos, el análisis se puede realizar mediante los si- guientes métodos estadísticos.

- Gumbel
- Nash
- Levediev
- Foster
- Hazen
- Pearson III

Se basan en períodos de retorno comprendidos entre 1,000 y - - - 10,000 años, dependiendo de la magnitud de la obra y de la presencia o ausen-- cia de poblaciones aguas abajo del sitio.

La avenida máxima probable se considera como el promedio de los resultados semejantes de los métodos anteriores, comprobándose dicha media a - través del método de Gregory Arnold y otros análogos aplicados en función de - las características fisiográficas de la cuenca. Para lo anterior es necesario disponer del estudio probabilístico de la precipitación efectuado para los mis

mos períodos de retorno ya indicados.

En caso de no existir información suficiente, los estudios para determinar la avenida máxima probable se efectúa siguiendo el criterio de Gregory-Arnold y otros similares.

Para efectos de control de avenidas, si el registro de observación abarca más de 20 años se adopta la forma del hidrograma que corresponda a la avenida máxima observada. Si por el contrario no se cuenta con datos para este lapso de observación, se valora en el 40% de la avenida máxima probable.

La avenida máxima probable se transita por el vaso haciendo variar la longitud del vertedor. Este análisis se efectúa a fin de conocer la longitud del vertedor más recomendable debido a su porcentaje de regularización alcanzado y los gastos máximos de salida obtenidos.

Es necesario efectuar un tránsito de las avenidas con vertedor controlado con el fin de determinar los volúmenes más desfavorables, para así partir hacia la política de operación de sistema de compuertas que permita controlar las máximas observadas y las máximas probables.

6.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio se enfoca a conocer la factibilidad técnica e hidrológica de construir una presa de almacenamiento o una presa derivadora o un bombeo del escurrimiento, teniendo como objetivo principal abrir a la actividad agrícola la mayor superficie posible. Tomando en cuenta este enfoque y en ba-

se a los estudios anteriores se ha de concluir, según el caso de que se trate, la capacidad total de conservación, la superficie que se logra dominar, las -- avenidas máximas probables para los diferentes períodos de retorno.

En cuanto al control de las avenidas, se comparan los resultados de los análisis efectuados con vertedor de cresta libre y con vertedor controlado tomando en cuenta los costos y el tiempo pico, además de la concentración de la avenida máxima probable, para recomendar cual es el tipo de vertedor más favorable.

Con base en los estudios anteriores, los datos de proyecto que se han de recomendar son los siguientes:

- Capacidad de azolves
- Capacidad útil
- Capacidad de conservación
- Capacidad al n.a.m.e.
- Capacidad de la obra de toma
- n.a.m.o.
- n.a.m.e.
- Longitud de la cresta vertedora
- Carga máxima
- Gasto máximo probable
- Gasto de diseño
- Elevación del umbral de la obra de toma

CAPITULO VII.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS GENERADAS

7.1. INTRODUCCION

El objeto del análisis de las alternativas generadas por los estudios básicos enunciados en los capítulos anteriores, es el de determinar la alternativa de mejor factibilidad técnica, económica y financiera definida por sus características geológicas, topográficas, hidrológicas y socioeconómicas.

Este análisis además permite determinar los factores restrictivos y/o favorables para el desarrollo agropecuario del área.

Con el apoyo de los estudios básicos se definen los anteproyectos de las obras básicas, tales como: las estructuras de bombeo, almacenamiento y/o derivación de los escurrimientos del o los ríos analizados y de las obras de conducción, elaborando un antepresupuesto de cada una de éstas.

7.2. PRESA DE ALMACENAMIENTO

Se realiza un análisis de los esquemas alternativos generados de la presa para diferentes secciones de cortina, ubicación, a diferentes alturas de la obra de toma, obra de excedencias y de desvío. Se propone el tipo de cortina adecuada, las secciones tipo y localización de las obras de toma, de excedencias y desvío indicando sus características principales para cada alternativa como son:

- a) Capacidad total del vaso

- b) Elevación de la corona
- c) Longitud de la cortina
- d) Elevación del fondo del cauce
- e) Altura de la cortina
- f) Elevación del n.a.m.e.
- g) Elevación de la cresta vertedora
- h) Elevación del umbral de la obra de toma
- i) Bordo libre
- j) Capacidad muerta al umbral de la obra de toma
- k) Capacidad a la cresta vertedora
- l) Capacidad útil del vaso
- m) Superalmacenamiento
- n) Capacidad total al n.a.m.e.
- o) Gasto de diseño de la obra de toma
- p) Gasto de diseño del vertedor
- q) Longitud de la cresta vertedora
- r) Obras auxiliares (diques, ataguías, etc)

7.3. PRESA DE DERIVACION

También se hace un análisis de los esquemas alternativos de la presa de derivación para diferentes secciones de cortina, longitud de su dique vertedor, muros de encauce y estructuras de limpia.

Se propone el tipo de cortina adecuada indicando las características básicas de cada alternativa como son:

- a) Gasto de la avenida máxima probable en el río
- b) Elevación de la corona de los muros de encauce
- c) Longitud de la cortina en su cresta vertedora
- d) Elevación al n.a.m.e.
- e) Elevación de la plantilla del canal desarenador
- f) Elevación de la plantilla en el principio del canal de conducción
- g) Tipo de compuerta del desarenador o estructura de limpia
- h) Tipo y número de compuertas de la obra de toma
- i) Gasto de diseño de la obra de toma
- j) Gasto de diseño del desarenador o estructura de limpia
- k) Coeficiente de descarga

7.4. PLANTA DE BOMBEO

De las plantas de bombeo también se hace un análisis de los esquemas alternativos generados para diferentes secciones del canal de llamada, cárcamo de bombeo, elevaciones de bombeo y número de bombas.

Se propone el tipo de bombeo adecuado y sus principales características como son:

- a) Area servida
- b) Gasto por elevar
- c) Desnivel del bombeo
- d) Altura total de bombeo
- e) Potencia unitaria

- f) Diámetro de la tubería
- g) Número de bombas
- h) Frecuencia de la red eléctrica
- i) Voltaje
- j) Longitud de la tubería de descarga
- k) Eficiencia del equipo
- l) Tipo de bombas
- m) Accionamiento

7.5. OBRAS DE CONDUCCION

Se define la localización del trazo de los canales principales - para cada una de las alternativas de presa siguiendo la topografía del terreno y respetando los linderos existentes o un sistema combinado. Se determina - - además, las características hidráulicas y geométricas de los canales y las estructuras de alimentación, cruce y abastecimiento necesarios.

7.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se formula un catálogo de conceptos y cantidades de obra para cada una de las alternativas propuestas elaborando un análisis de beneficio costo a diferentes niveles de inversión por hectáreas beneficiadas.

En base a la factibilidad técnica y económica de las alternativas, se recomienda la más factible de construcción, definiendo las características que determinaron su elección y formulando las recomendaciones pertinentes para la construcción de la misma.

CAPITULO VIII.- INGENIERIA DE PROYECTO

B.1. ANTECEDENTES

En la planeación de un sistema de riego, se recomienda seguir un ordenamiento lógico de las obras, de tal manera que los elementos que se diseñen formen un sistema que funcione de la mejor manera posible.

Para iniciar, se deben recopilar los siguientes datos básicos:

- Los planos de localización de la zona del proyecto en donde es tén indicadas las vías de comunicación y distancias a los prin cipales centros de producción y abastecimientos
- Los planos topográficos a escalas adecuadas que puedan quedar comprendidos entre 1:100,000 y 1:1000
- Planos fotogramétricos
- Planos agrológicos a escala adecuada
- Usos del suelo, zonas agrícolas en producción, silvícolas, lacustres y urbanas
- Tenencia de la tierra
- Datos climatológicos
- Recursos hidráulicos disponibles
- Características físicas y mecánicas de los suelos
- Materiales y bancos de préstamo que predominen y que estén dis ponibles en la región

Forma y manera de interpretar los datos anteriores.

PLANOS DE LOCALIZACION

En este concepto se deben considerar las diversas vías de comunicación que permitan abastecer de cemento y fierro de refuerzo a la zona, así como también la comunicación de ésta mediante caminos de acceso con las vías - - principales.

PLANOS TOPOGRAFICOS

Con base en éstos planos se determinan las cuencas hidrológicas extrazonables tributarias a la zona de riego y se cuantifica en base al estudio hidrológico el volumen de agua escurrido. Estas cuencas se delimitan con un polígono cerrado por el parteaguas midiendo su superficie en kilómetros cuadrados. Se deben indicar los lugares en que los escurrimientos entran a la zona de riego, para más tarde desalojarlos en caso necesario por medio de drenes.

En otros planos a escala conveniente se determina y delimita la zona de proyecto. Aislando las zonas urbanas, las altas sin posibilidad de regar, las bajas, las que por su calidad no sean convenientes, las zonas silvícolas que sirvan para proteger a la de riego contra la erosión sólica, las mareas medias y máximas y aquéllas que por su condición pongan en peligro al sistema de riego al subir el nivel freático y en consecuencia la salinidad, los límites de propiedad, caminos existentes, canales y drenes naturales.

PLANOS FOTOGRAFICOS

Estos planos son de una calidad técnica superior a los topográficos

cos que en general son poco precisos, de un alto costo y lentos en su levantamiento.

Para el proyecto y construcción de estructuras de mayor importancia para la zona de riego, como diques, túneles, sifones y puentes, los mapas fotográficos permiten obtener una valiosa información geológica. En la elección y dimensión de estructuras necesarias para los cruces en bajos y ríos nos serán de mucha utilidad estos planos. En general, en estos planos se investigan todos los factores regionales que puedan tener influencia en el proyecto, construcción, operación y conservación del sistema de riego.

PLANOS AGROLOGICOS

En estos planos se muestran el origen y clasificación de los suelos y sus características como son: densidad, porosidad, tamaño de partículas, textura, estructura, propiedades químicas y capacidad de retención del agua cuya composición química afecta en una u otra forma su movimiento en el suelo y a la cual se le llama conductividad hidráulica. La falta de conductividad hidráulica en los suelos por carecer de drenaje da origen a salinidad, la que es necesario cuantificar para que por medio de una distribución adecuada de riego y drenaje se elimine.

USO ACTUAL DEL SUELO

Se debe investigar el uso del suelo y las zonas agrícolas en producción para garantizar e incrementarlas, asegurándoles una red conveniente de canales. Con respecto a las zonas silvícolas se debe determinar la densidad y

extensión y en caso necesario transformar éstas en terrenos de cultivo cuantificando los costos para realizar el desmonte agrícola. Finalmente las zonas urbanas deben de determinarse para localizar convenientemente la red de caminos indicando: la importancia de estos centros urbanos, el tipo de camino, dimensiones, revestimientos, red telefónica y eléctrica, localización de las oficinas para la operación del sistema de riego, casa del canalero, etc.

TENENCIA DE LA TIERRA

Este aspecto debe ser analizado a detalle con el objeto de resolver simultáneamente los problemas que representan la localización adecuada de los canales y drenes, así como la lotificación y parcelamiento de la zona de riego, determinando para ésta el número de hectáreas por lote que deberán ser regadas por toma granja, considerando que para un régimen de propiedad de 2 Ha. promedio por ejidatario, cada toma granja regará como máximo 20 Ha. y que cuando se tengan 10 Ha. o más como propiedad por agricultor, la toma granja regará entre 50 y 60 Ha., además la investigación de este aspecto debe ser utilizado para la localización de los canales, ya sea por linderos o por parteaguas.

DATOS CLIMATOLÓGICOS

Estos datos son útiles para determinar la cantidad necesaria de agua por aplicar a los diversos cultivos que se vayan a realizar en las zonas de riego en proyecto. Es necesario conocer las características del clima para poder relacionarlas con las etapas de mayor demanda y los momentos críticos en que la aplicación del riego tiene influencia sobre la producción. Se puede decir que la cantidad, frecuencia y naturaleza del transporte del agua sobre la

superficie terrestre, servirá para el diseño de las obras de riego, de tal manera que en las zonas áridas en donde el agua es escasa requerirá para su aplicación de largos canales y en zonas muy húmedas donde la precipitación pluvial es muy alta se requerirá de un drenaje que elimine los excesos que impiden el desarrollo vegetativo. El proyectista ha de seleccionar el método más conveniente que indique las necesidades de los cultivos que como se sabe varían según el clima de la zona. Actualmente se emplea el uso consuntivo.

Por lo que corresponde a factores climáticos que afectan el uso consuntivo del agua son: la precipitación, la temperatura, la radiación solar, la humedad, el movimiento del viento, duración de la etapa de crecimiento, la altitud y luz solar.

8.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El objeto principal de las obras hidráulicas de aprovechamiento del agua con fines de riego es el de regularizar la humedad del suelo. Para esto, es necesario proyectar las obras de captación de las aguas.

Las obras de captación para fines de riego pueden ser de dos tipos:

- a) Obras para captación de aguas superficiales
- b) Obras para extracción de aguas subterráneas

Con respecto a las obras para captación de aguas superficiales se puede decir que comprenden:

- Sistemas de almacenamiento
- Sistemas de derivación
- Aprovechamiento de cauces y vasos naturales
- Estaciones de bombeo

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

El sistema de almacenamiento tiene por objeto almacenar agua en un vaso o depósito natural formado por un valle en el que existe un estrechamiento o boquilla que se cierra artificialmente mediante una cortina que intercepta el paso del agua. El agua almacenada tiene por objeto regularizar la corriente para disponer del gasto necesario en las épocas de riego.

El sistema de almacenamiento está constituido por cuatro elementos fundamentales que sirven para contener y disponer del agua en el vaso. Estos cuatro elementos son: la obra de desvío, la cortina, la obra de toma y el vertedor de demasías.

OBRA DE DESVIO

En la construcción de una presa, el principal problema se presenta en el control del río, éste es, en manejarlo según lo permita su caudal. A continuación se expone una guía general para programar los trabajos de construcción.

Es importante para el desarrollo de los trabajos de la obra, formular un plan de construcción, debiéndose tomar en cuenta lo siguiente:

- Condiciones existentes en el sitio del trabajo
- Procedimiento de construcción
- Disponibilidad del equipo
- Duración de la obra
- Experiencia en trabajos de esta naturaleza

En base a estos puntos se ajusta el programa de trabajo a las condiciones del río, pudiéndose considerar cuatro etapas de construcción:

- 1a. Etapa: Construcción de las estructuras fuera del cauce del río -
- 2a. Etapa: Construcción de los tajos de entrada y de salida de las estructuras de desvío -
- 3a. Etapa: Cierre del río
- 4a. Etapa: Terminación de la cortina

CORTINA

La cortina tiene por objeto fundamental cerrar un vaso natural de tal modo que sea posible el almacenamiento del agua dentro del mismo. Para ésto se necesita que sea lo suficientemente resistente para soportar el empuje del agua, además, suficientemente impermeable para impedir el paso a través de ella o por debajo de la misma.

Las cortinas pueden ser de tierra, de enrocamiento, de mampostería, de concreto ciclópeo de concreto simple o de concreto armado.

Se le llama obra de toma al conjunto de estructuras construidas en una presa con el objeto de extraer el agua en forma controlada y poder utilizarla con el fin para el cual ha sido proyectado su almacenamiento.

Las obras de toma generalmente constan de: rejilla, un conducto, una compuerta de emergencia, una compuerta de servicio, una caseta de operación, una caída y un tanque amortiguador.

VERTEDOR DE DEMASIAS

Esta estructura es la que da salida a las aguas excedentes del almacenamiento protegiendo la cortina, obra de toma y demás estructuras al impedir que el agua que ya no puede ser almacenada se desborde sobre la cortina y la destruya.

Los vertedores pueden ser de cresta libre o de cresta controlada. Los primeros pueden ser de planta recta o curva, con o sin cimacio, descarga directa al río o mediante un canal de descarga. En los segundos pueden utilizarse compuertas radiales o deslizantes.

Los vertederos en cuanto a la posición del canal de descarga, se pueden diseñar de la siguiente forma:

- a) Vertedor de canal lateral, si el canal de descarga es paralelo a la cresta vertedora
- b) De cresta recta con o sin perfil Creager
- c) De abanico, si la cresta es recta con perfil Creager

Un vertedor en su forma más completa consta de:

- 1.- Canal de acceso
- 2.- Cimacio
- 3.- Tanque amortiguador
- 4.- Sección de control
- 5.- Arcos de abanico
- 6.- Transiciones
- 7.- Canal de descarga
- 8.- Canal de salida
- 9.- Disipador de energía

SISTEMAS DE DERIVACION

El agua extraída del vaso de almacenamiento pasa en algunos casos al canal de conducción directamente; pero en otros se conduce por el río en un tramo de cierta longitud, hasta un punto donde conviene iniciar el canal de conducción, para lo cual es necesario construir las obras que hagan pasar el agua del río al canal. Esto es lo que constituye el sistema de derivación. El sistema de derivación también es necesario cuando se van a utilizar las aguas permanentes de un río.

El sistema de derivación consta de dos partes fundamentales:

- 1.- La presa de derivación que tiene por objeto elevar el nivel de la superficie del agua a una altura conveniente que haga posible la derivación del gasto necesario, debiendo estar diseñada para permitir que el agua vierta sobre ella.

- 2.- La botacoma que sirve para regularizar el paso del agua del río al canal

El dique vertedor debe llenar las siguientes condiciones de estabilidad:

- 1.- Que sea resistente al deslizamiento
- 2.- La cortina deberá ser suficientemente fuerte para resistir el volteo
- 3.- Tanto las fatigas de los materiales que forman la cortina como las del terreno sobre el cual será desplantado, deberán ser menores que sus esfuerzos de trabajo

El tipo de perfil más usado en los diques de cresta fija es el de tipo indio, que es un dique de arcilla con protecciones de enrocamiento.

La botacoma debe quedar localizada en un lugar apropiado para su construcción, de preferencia en la margen en que se localice el canal de conducción o en donde no se presenten obras costosas como túneles, cortes profundos o grandes excavaciones en roca. Además, debe procurarse que el plano vertical que contiene las compuertas reguladoras pueda formar un ángulo recto con el eje del dique vertedor para facilitar la localización del canal de limpia.

Entre las estructuras adicionales que puede necesitar se cuenta el desarenador para evitar la entrada de materiales gruesos al canal de conducción. Las partes con las que debe contar la estructura de limpia son: canal desarenador, compuertas de limpia y canal de arrastre.

En el diseño hidráulico se consideran los siguientes elementos:

Altura de la cresta vertedora.- Se fija tomando en cuenta el nivel que tendrán las aguas normales en el canal de conducción más la carga correspondiente para vencer las pérdidas a través de los conductos de la toma.

Longitud de la cresta vertedora.- Con el gasto de la avenida máxima de proyecto del río hay necesidad de determinar la carga necesaria y la longitud de la sección vertedora.

Capacidad de la toma.- Se determina de acuerdo con las demandas, ya sean para riego, agua potable, etc.

Dimensiones de los conductos de la obra de toma.- Es necesario el número de conductos y sus dimensiones.

Capacidad del desarenador.- Depende especialmente de la cantidad de azolve acarreado por el río y debe ser diseñado para producir una velocidad de arrastre alta a todo lo largo de la estructura.

Volviendo a los conductos de la toma, deberá procurarse tener una velocidad de 1.0 a 1.5 m/s con el objeto de evitar el azolve y que la diferencia de velocidades entre los conductos y canal de salida sea mínimo para disminuir las pérdidas, por lo que es conveniente proponer un mínimo de dos conductos por toma a fin de tener una mejor operación.

APROVECHAMIENTO DE CAUCES Y VASOS NATURALES

Para el aprovechamiento de un cauce o de un vaso natural es necesaa

rio efectuar los siguientes estudios:

- 1.- De datos hidrológicos
- 2.- De datos hidrográficos
- 3.- De datos climatológicos
- 4.- Para determinar el gasto máximo que puede presentarse

Después de haber efectuado estos estudios, se procede a proyectar la obra de captación propiamente dicha. Esta obra puede ser un dique con su respectiva bocatoma cuando se trate de un vaso natural.

En el caso de un cauce natural se utilizará una represa con su puente y su obra de toma respectiva.

ESTACIONES DE BOMBEO

Las estaciones de bombeo consideradas como aprovechamiento hidráulico pueden dividirse en:

- a) Obras para la utilización de las aguas superficiales
- b) Obras para la extracción de aguas subterráneas

Entre las principales obras para el aprovechamiento de las aguas superficiales se cuentan:

- Presa de almacenamiento
- Vasos naturales

- Plantas de bombeo

Para la extracción de las aguas subterráneas son:

- Galerías filtrantes
- Pozos

Las plantas de bombeo para riego se pueden proponer cuando sea necesario incrementar la superficie actual de riego en una zona o se requiera disponer de superficie de riego fuera de un sistema de obras planeadas para su funcionamiento en conjunto.

La capacidad de la planta de bombeo depende del área por regar, del coeficiente unitario de riego y del tiempo de operación. La capacidad de la planta se calcula para satisfacer la demanda de riego en el mes de máximo consumo.

Esta demanda deberá satisfacerse distribuida en volúmenes iguales diarios; la capacidad de la planta depende del tiempo de operación del equipo.

Los tiempos de operación del equipo se fijan entre 8 y 24 horas. A menor tiempo de operación, la capacidad del equipo es mayor, la inversión es mayor y el canal de conducción resulta de gran capacidad y costoso. A mayor tiempo de operación, la capacidad es menor, la vida útil del equipo es menor y el tiempo para revisión y mantenimiento del equipo se reduce.

Por las razones anteriores es difícil proponer a priori la capaci--

dad y tiempo de bombeo del equipo, por lo que es necesario efectuar un estudio económico para diferentes tiempos de bombeo, considerando los siguientes datos:

La capacidad de la planta está dada por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V \quad (m^3/s)}{3600 \left(\frac{seg}{hora}\right) \times 30 \left(\frac{días}{mes}\right) \times T \left(\frac{horas}{día}\right)}$$

A todos los equipos de bombeo se les considera una vida útil de 40,000 horas.

La duración de la estructura se considera de 50 años y la vida útil de la tubería de 25 años.

8.3. ZONA DE RIEGO

Primeramente se analiza la potencialidad de la fuente de aprovechamiento para proyectar el canal principal. Por otra parte se relaciona el coeficiente unitario de riego obtenido anteriormente en el estudio hidrológico con la potencialidad de la fuente a fin de deducir la superficie bruta susceptible de riego.

En principio el canal se localiza en planos a escala adecuada, siguiendo una curva de nivel con pendiente tal que la velocidad del agua en el canal sea aproximadamente de 1.0 m/seg. y procurando que la relación plantilla

-tirante sea igual a la unidad.

Se determina por medio de un planímetro el área que se puede beneficiar con el canal, eliminando aquéllas que por sus condiciones topográficas, agrológicas, urbanas, etc., no sean factibles de regar.

Por otro lado, se debe procurar localizar el final del canal en un bajo de manera que pueda desaguar las excedencias.

De acuerdo con el tipo de material en que quede desplantado el canal, se podrá convenir en bajar el trazo con el objeto de disminuir el costo - por excavación, debiendo tomarse en cuenta el número de hectáreas que quedará sin riego por gravedad.

Se localizan los sitios de cruce del canal con los arroyos a fin de determinar las estructuras del cruce más adecuada. Se prolongan estos arroyos hasta salir de la zona de riego delimitando las áreas que vayan a regar - por los canales laterales.

Las estructuras de cruce pueden ser, entradas de agua siempre y cuando el gasto máximo sea de $3 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y que no contenga demasiado material de acarreo que afecte la sección hidráulica y los revestimientos. Debe cuidarse además que el bordo libre del canal sea suficiente para los volúmenes extra de agua.

Cuando el gasto esté comprendido entre 3.0 y $10.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$, se recomienda usar un desagüe superior.

Si el bajo es estrecho y profundo, se puede pensar en un puente canal como estructura indicada o un puente asifonado en el que el gasto sea menor de $5.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$, otras alternativas por considerar son el dique, el semidi-que y el sifón.

Otro aspecto que se debe analizar desde el punto de vista económico, es el referente al tipo de revestimiento, siempre y cuando las pruebas de permeabilidad demuestren su necesidad, debiéndose considerar en tal caso los volúmenes necesarios de terracerías que se tendrán que remover para colocar dicho revestimiento y la calidad del agua que conducirá al canal.

En cuanto al camino de operación del canal principal, se procurará localizarlo en la margen correspondiente al bordo inferior de desperdicio y darle un ancho tal que permita la circulación de dos vehículos.

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS

Tomas laterales. Estas estructuras se localizan sobre la tangente del trazo del canal principal. Se debe cuidar que el sitio en donde se localiza la toma, no corresponda a canal en corte porque se tendría un tramo muerto del canal lateral.

Tomas granja.- Se deben localizar en forma semejante a las tomas laterales aprovechando la represa que les da carga. Son necesarias cuando no se justifique económicamente la necesidad de construir un canal lateral para el riego de una porción pequeña de terreno comprendida entre dos bajos o entre las salidas transversales del drenaje longitudinal del canal cuando éste -

es revestido de concreto. De preferencia, para una mejor operación del sistema, la toma granja debe de salir de un canal ramal y no del principal.

Represas.- Su localización debe ser de manera que permita alimentar las tomas laterales, tomas granja, desagües de excedencias, etc., sin que el agua invada el bordo libre del canal.

Su espaciamiento debe ser tal que el desnivel de la elevación libre del agua del canal principal estando la represa cerrada y la elevación libre del agua en el canal lateral sea como mínimo el 15% del tirante más las pérdidas de carga en la toma más alta y el desnivel entre la plantilla del canal principal y la del lateral debe ser como máximo igual a 0.4 del tirante del canal principal y como mínimo 0.50 m.

Es conveniente aprovechar los muros de la represa para colocar la losa de un puente carretero, permitiendo el cruce de los vehículos entre los bordos del canal.

RED DE DISTRIBUCION

La red de canales se proyecta perfectamente en planos a escala 1:20,000 localizando en primer lugar a los laterales siguiendo según convenga, linderos, una cuadrícula o los parteaguas del área delimitada por los drenes de tal manera que permita regar por ambas márgenes.

En segunda se localizan siguiendo una curva de nivel o linderos los canales sublaterales y ramales.

Se estudia minuciosamente cada uno de los lotes para localizar - las regaderas que se vayan a utilizar, el tipo de estructura alimentadora conveniente, las alcantarillas o puentes vehículo necesarios para la extracción - de los productos fuera de la zona de riego por medio de los caminos.

Se afinan los trazos anteriores en hojas de plancheta obteniendo - los perfiles para determinar la sección transversal de los canales. En fun--- ción del coeficiente unitario de riego y la lotificación se proyecta una serie de sección transversales como se indica a continuación debiéndose considerar - para la construcción el mínimo número de secciones por las condiciones del - - equipo que normalmente se tienen en la obra.

A continuación se elabora una table de características hidráulicas y geométricas de los canales indicando velocidades, gastos, tirante, base, - - área hidráulica, radio hidráulico, coeficiente de rugosidad, talud y pendiente utilizando las ecuaciones de continuidad y de Manning.

Las estructuras como son: las tomas granja, tomas laterales y sub laterales, los desagües superiores, etc., de los canales laterales y ramales se localizan en planos esc. 1:20,000 relacionándolas con la del principal, con las entradas de agua de la red de drenaje y con la lotificación de la zona de riego, dejando la localización de las represas y caídas para cuando se proyecte el perfil del canal, y las alcantarillas y puentes para cuando se proyecte la red de caminos.

En los perfiles de los canales obtenidos de las hojas de plancheta se procede primeramente a determinar el nivel de agua necesario para el riego,

considerando el nivel de la zona crítica por regarse con una lámina de agua de 15 cm., la longitud de la regadera utilizada para llevar agua a esta misma zona y la estructura medidora construida en la toma.

Una vez determinados estos niveles se procede a unirlos por medio del nivel normal de aguas del canal regadas por una pendiente, y se determina la sección hidráulica correspondiente de tal manera que la variación de secciones sea de menor a mayor en el sentido de aguas abajo hacia aguas arriba del canal.

Cuando la pendiente topográfica es mayor que la necesaria para el canal, se recurre a las caídas y a las rápidas.

RED DE DRENAJE

Se le llama dren al conducto cerrado o abierto, cuya finalidad es eliminar las acumulaciones pluviales, los excedentes de riego y abatir el nivel freático en los suelos afectados. Para lograr este objetivo normalmente se emplean dos tipos de drenes: el excavado a cielo abierto de sección trapezoidal y el cerrado de tubería de concreto o barro cocido.

El beneficio que se tiene con la red de drenaje se observa en: incremento y calidad de las cosechas, bajo costo del arado, la normalización del período de siembras, etc.

La localización de los drenes excavados a cielo abierto, se hará siguiendo los bajos topográficos del sistema, de manera que durante la cons---

trucción se rectifique su alineamiento.

Los factores que se deben tomar en cuenta para el diseño de la red de drenaje son:

- 1.- Coeficiente unitario de drenaje
- 2.- Extensión, forma, topografía y recubrimiento vegetal de la cuenca
- 3.- Extensión del área por orden
- 4.- Localización de posibles salidas para los drenes colectores
- 5.- Clase y calidad de las cosechas
- 6.- Extensión de los terrenos cultivados y sin cultivar. Valor de la propiedad
- 7.- Número, extensión, conducción y tamaño de las vías de aguas naturales
- 8.- Características de las precipitaciones y origen de las filtraciones si es que existen
- 9.- Tipos y características del subsuelo
- 10.- Equipo que se usará para la construcción

RED DE CAMINOS

Para el proyecto de la red de caminos, de un distrito de riego, se deben localizar primeramente los caminos de la red nacional, estatal, vecinales y red ferroviaria, así como los principales centro de población.

Una vez considerado lo anterior, se proyecta el camino principal de la zona de riego que debe estar comunicado con la red nacional y debe estar localizado de manera que pase por el centro de la zona de estudio, que cruce -

normalmente el mayor número de canales laterales, que sea sensiblemente paralelo al canal principal y forme anillos de circulación con los caminos de los canales laterales. Se proyectan en seguida los caminos correspondientes a los - canales sublaterales y ramales que deben entroncar al camino del canal sublateral para comunicar todos los lotes de la zona de riego.

Los revestimientos al camino principal y al del canal principal y laterales debe ser de un material resistente al rodamiento de aproximadamente 15 cm. de espesor.

Por lo que respecta al camino correspondiente a los drenes colectos, éste debe permitir el mantenimiento de la red y estar dotado de puentes - en los entronques con los drenes ramales mediante rampas de talud 12:1 (vados)

8.4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

Las obras complementarias tienen como objetivo comunicar, conser-- var y operar eficientemente las obras del distrito.

Se pueden ennumerar las siguientes obras complementarias:

- 1.- Red telefónica interior
- 2.- Casas para canalero, presero y bombeo
- 3.- Campamento
- 4.- Bodegas para almacén de granos
- 5.- Nivelación de tierras

RED TELEFONICA

Existe la necesidad de establecer una pronta comunicación entre - las zonas clave de un distrito de riego y las oficinas centrales, para lo cual se proyecta un sistema telefónico para intercomunicar los puntos antes señalados.

El sistema telefónico debe conectar por medio de una red de case--tas, las diversas partes que componen a un distrito de riego (obras de almacenamiento, obras de derivación, obras de distribución, obras de protección, - etc.)

CASAS PARA CANALERO, PRESERO Y BOMBERO

Dado que el personal encargado de la distribución de las aguas, y de la vigilancia y operación de las obras, siempre debe procurarse que se en--cuentre en el propio lugar en donde desarrolla sus actividades, pues estas actividades requieren de todo el día y en ocasiones parte de la noche, se hace - necesario construir los locales adecuados para alojar al personal.

CAMPAMENTO

De entre las obras complementarias, una de las que mayor importan--cia reviste en el campamento ya que en él encuentran alojamiento los integrantes del personal que interviene en la formación de la obra, desde su inicia---ción hasta su total realización.

La localización debe procurarse si las condiciones lo permiten, -
aguas arriba de la cortina.

BODEGAS PARA ALMACEN DE GRANOS

Dado que los granos antes de su distribución a los centros de consumo requieren de almacenamiento, se hace necesario proyectar bodegas de diferentes capacidades distribuidas estratégicamente en toda la zona.

NIVELACION DE TIERRAS

La nivelación de tierras para riego consiste en modificar el relieve de la superficie del campo para proporcionar un plano con pendiente uniforme, con objeto de proveer una superficie adecuada para una eficiente aplicación del agua de riego.

Al efectuar la nivelación de tierras, a la superficie afectada, se le proporcionan los beneficios siguientes: 1) distribución uniforme del agua dentro de la parcela; 2) mejoramiento del drenaje superficial; 3) menos erosión del suelo y pérdidas de fertilidad a causa del mejor control de agua; 4) un uso más eficiente del agua, en ocasiones limitada; 5) nacencia uniforme de la semilla; 6) aumento en el rendimiento de las cosechas por unidad de volumen de agua empleada.

B.5. MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSERVACION

Con el objeto de poder dar un mantenimiento y operación adecuado a

toda la infraestructura de riego, se hace necesario programar la adquisición de la maquinaria adecuada para esto.

Los trabajos que han de realizarse son: desazolve de drenes y canales, eliminación del lirio, reparación de terracerías, reparación de revestimientos de los canales y de los caminos, traslado de personal, etc.

8.6. INDEMNIZACIONES

Se consideraran como afectaciones, las áreas de terreno que sean ocupadas por las obras del proyecto (sistema de conducción, drenaje, caminos, vasos de almacenamiento, etc.) Las indemnizaciones o pagos de los importes de las diversas afectaciones, comprenden el valor de las instalaciones construidas dentro de tales áreas. Las familias afectadas deben ser tomadas en consideración a partir de las conclusiones de los estudios de tenencia de la tierra para recibir una dotación y participar de los beneficios del proyecto.

8.7. PRESUPUESTO

El presupuesto debe incluir los siguientes capítulos de obra:

- 1.- Obras básicas
- 2.- Obras complementarias
- 3.- Maquinaria y equipo para conservación
- 4.- Indemnizaciones
- 5.- Asistencia técnica
- 6.- Costos de operación y mantenimiento del distrito

El presupuesto es resultado de la estimación de las cantidades de obra y de los precios unitarios de estos conceptos. Ambos se establecerán y analizarán conforme al catálogo de conceptos principales de trabajo de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

8.8. PROGRAMA DE INVERSIONES

Los trabajos de este inciso, se limitan a expresar el cronograma de obra en flujos monetarios en función de la importancia de la obra, del monto de las inversiones y del programa de incorporación de la superficie al cultivo.

El cronograma de las obras se puede definir en períodos de duración semestral o anual, según el monto de las inversiones.

CAPITULO IX.- EVALUACION ECONOMICA

El objetivo del análisis económico de los proyectos, es el de comparar los costos con los beneficios que se esperan y definir de acuerdo con un criterio ya preestablecido si es conveniente o no realizar el proyecto, o en su caso, plantear otras alternativas de explotación.

9.1. CRITERIOS DE EVALUACION

La evaluación económica del proyecto se realiza mediante la aplicación de la teoría beneficio-costos a través de un análisis de sensibilidad que comprende las superficies cosechables al primer año de puesta en marcha, los períodos de maduración de las actividades y las tasas de actualización.

Los índices finales de la evaluación como son: relación beneficio-costos, tasa interna de retorno (T.I.R.), valor presente de beneficios netos y período de recuperación del capital se analizan mediante pruebas de sensibilidad, considerando diferentes coeficientes de variación, con el fin de conocer la confiabilidad de dichos índices. Estos análisis son necesarios ante posibles variaciones en los beneficios y los costos que redundan en favor o en contra del proyecto.

9.2. CUANTIFICACION DE COSTOS Y BENEFICIOS

En este inciso se consideran todos los costos que se estimen y los beneficios que se esperen a través de la llamada vida útil del proyecto.

Un método útil para determinar el rendimiento global de un proyecto agropecuario, es analizar las consecuencias con y sin proyecto. En general la diferencia es el beneficio adicional neto que se obtiene del proyecto.

El flujo de costos que se origina, una vez que se toma la decisión de ejecutar el proyecto, está integrado por la inversión fija que está contemplada en el programa de inversiones, por los gastos sistemáticos de operación, mantenimiento, conservación y administración del distrito de riego y por los costos de asistencia técnica.

Las inversiones erogables en la etapa de construcción de las obras constituye el renglón más significativo de la corriente de costos. Las indemnizaciones por transferencias y las obras de carácter social (nuevos centros de población, etc.), no se considerarán dentro de la evaluación económica del proyecto, en virtud de que no inciden en la producción agropecuaria.

A las inversiones en este tipo de proyectos, se les incrementa un 10% sobre el costo de las obras por concepto de ingeniería y administración y un 15% por imprevistos.

Los costos de producción se contemplan dentro del patrón de cultivos de todo el horizonte de planeación en los que se incluye el costo por mano de obra, razón por la cual no se debe considerar el costo por adquisición de maquinaria agrícola.

El flujo de beneficios se obtiene como ya se indicó anteriormente de la diferencia entre la utilidad aparente del patrón de cultivos en ausencia

de acciones correctivas y la utilidad aparente del patrón de cultivos en presencia de acciones correctivas.

En general, los beneficios están dados por el aumento de la producción agrícola, debido fundamentalmente a los cambios del sistema de producción y de explotación de los recursos naturales, aprovechando en forma más eficiente las condiciones físicas y naturales que prevalecen en la región.

Otros factores que producen beneficios al proyecto son el aumento en el valor de la producción, el incremento en la calidad de la producción, reducción de costos de producción, ganancias obtenidas por la tecnificación de los trabajos agropecuarios, reducción de gastos de transporte y reducción de pérdidas.

Casi todos los proyectos agropecuarios producen un grupo de costos y beneficios llamados intangibles. Entre ellos puede figurar la integración nacional, o simplemente una vida mejor para la población rural. Estos beneficios intangibles son reales y reflejan valores existentes. No obstante, no se prestan a la valorización aunque a veces se intente hacerlo. Lo más recomendable es reconocer que estos beneficios existen y son importantes pero no intentar valorarlos e incluirlos en los cálculos del análisis económico.

9.3. EVALUACION DEL PROYECTO

Como ya se mencionó anteriormente, la evaluación económica se realiza aplicando la teoría beneficio-costos que es la más recomendable para los proyectos de aprovechamiento hidráulico con fines agropecuarios.

Se inicia fijando el período de análisis económico. Este período se elige tomando el mismo que el de la vida económica del proyecto, este período debe ser lo suficientemente largo para que refleje adecuadamente los beneficios y lo más corto posible a fin de simplificar los cálculos. En este tipo de proyectos es suficiente un período de 25 a 30 años, a mayor tiempo cambia poco el resultado e implica mayor trabajo.

Por lo que respecta a la tasa de descuento, ésta varía dependiendo de la institución que otorgue el crédito, esto es si el crédito es nacional o externo, razón por la cual la evaluación se realiza a través de un análisis de sensibilidad a la tasa de descuento que varía entre el 10 y el 20%. Esta tasa podemos concluir que es igual al costo de oportunidad del capital.

Una vez fijados estos parámetros, además de los costos y los beneficios se procede a determinar los índices evaluatorios que son:

Relación Beneficio-Costo

Es el coeficiente de dividir el valor actualizado de los beneficios entre el valor actualizado de los costos a una tasa de actualización dada.

$$\text{Relación Beneficio-Costo} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_n}{(1+i)^n}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+i)^n}}$$

Valor presente neto

Es la diferencia numérica entre el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos.

$$\text{Valor presente neto} = \sum_{t=1}^n \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n}$$

Tasa interna de retorno (T.I.R.) o tasa de rentabilidad interna.

Es la tasa de actualización a la cual el valor actualizado de los beneficios es igual al valor actualizado de los costos.

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+i)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{B_n}{(1+i)^n}$$

Período de recuperación del capital

Es el período de tiempo para el cual el valor actualizado de los beneficios es igual al valor actualizado de los costos.

B_n = Beneficios cada año

C_n = Costos de cada año

n = Número de años

i = Tasa de interés (descuento) o actualización

El criterio para determinar si el proyecto es económicamente factible según este criterio de evaluación, consiste en aceptarlo si la relación beneficio-costos es mayor que la unidad, si el valor presente neto es positivo, si la tasa interna de retorno tiene un valor superior al costo de oportunidad del capital (en el común de los casos superior a la tasa existente en el momento de la evaluación en el mercado de capitales), y si el período de amortiza--

ción del capital es menor que el período de análisis económico.

CAPITULO X.- ORGANIZACION

El éxito del proyecto se finca en una buena organización y administración de los recursos materiales y humanos.

En este capítulo se dan algunas recomendaciones sobre la forma de organización y administración que conviene a esta nueva zona de desarrollo - - agropecuario.

10.1. ORGANIZACION DEL DISTRITO DE RIEGO

Debe indicarse aquí los tipos de empresa propuestos para la organización de las unidades de producción presentando el esquema estructural de las mismas, teniendo como objetivo principal la conservación de las obras, organización de los agricultores y procurar que se cumpla con los programas agropecuarios planteados y de ser posible mejorarlos.

10.2. REESTRUCTURACION DE LA TENENCIA DE LA TIERRA

En este apartado se reúnen las limitaciones económicas y financieras que condicionan el reparto agrario y dotaciones ejidales.

Todo lo anterior se establece en función de las utilidades y salarios de los agricultores y en términos de organización de las unidades de explotación colectiva, siguiendo los siguientes pasos:

- Revisión de las leyes federal de aguas y de reforma agraria

- Definición de los tamaños de los predios ejidales y particulares del reparto agrario
- Revisión del tamaño de los predios de explotación en términos de las unidades productoras por organizar y de las consideraciones financieras
- Conclusiones

10.3. POSIBILIDADES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE AGROINDUSTRIAS

Se describen las expectativas para la instalación de plantas que industrialicen los productos de la zona agropecuaria por desarrollar analizando la demanda de productos de consumo intermedio provenientes de las empresas agroindustriales.

Se analizan las ventajas y desventajas de las proposiciones de este apartado.

10.4. REQUERIMIENTOS DE ASISTENCIA TECNICA Y CENTROS DE INVESTIGACION AGROPECUARIA

En este apartado se concretan los planes y programas de asistencia técnica, técnicas de riego y drenaje e investigación agropecuaria aconsejables para el nivel de desarrollo que se pretende alcanzar.

10.5. PROPOSICIONES SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS TECNICOS Y LA COMERCIALIZACION DE LOS PRODUCTOS

Se establece en este punto el monto esperado de la demanda local de semillas, fertilizantes, pesticidas y demás insumos técnicos.

Se proponen canales de comercialización y se exponen las ventajas que pueden resultar de la creación de agricultores y ganaderos.

Se presentan en general proposiciones adicionales tendientes a resolver con buen éxito los problemas inherentes a las etapas posteriores a la construcción del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1. "Manual de Proyectos de Desarrollo Económico".
Naciones Unidas 1958.
2. "Análisis Económico de Proyectos Agrícolas".
J. Price Gittinger
Edit. Tecnos Madrid España 1976.
3. "Ingeniería Económica".
George A. Taylor
Edit. Limusa, S.A. México 1977.
4. "Aplicación de la Tasa de Rentabilidad Financiera en Proyectos Agropecuarios".
Sergio Carvallo G.
Edit. FIRA del Banco de México, S.A. México 1975.
5. "Hidrología, Análisis Estadístico y Probabilístico de Datos Hidrológicos"
Ronlando Springall G.
U.N.A.M. México 1975.
6. "Hidrología Primera Parte".
Rolando Springall G.
U.N.A.M. México 1975.
7. "Manual de Diseño de Obras Civiles".
C.F.E. México 1969.
8. "Proyecto de Zonas de Riego".
Dirección de Proyectos de Irrigación.
S.R.H. México 1973.
9. "Drenajes Agrícolas para Ingenieros".
H.B. Roe y Q.C. Ayres
Edit. Omega, S.A. Barcelona, 1960.
10. "Ingeniería de los Recursos Hidráulicos".
R.k. Linsley, J.B. Franzini,
Edit. C.E.C.S.A. México 1970.

11. "Mecánica de Suelos"
T.W. Lambe y R.V. Whitman
Edit. Limusa, S.A., México 1974.
12. "Obras Hidráulicas".
Francisco Torres H.
Edit. Limusa, S.A., México 1980.
13. "Diseño de Piezas Pequeñas".
U.S. Department of the Interior
Edit. Continental México 1967.
14. "Instructivo para la Determinación de las Demandas de Riego en un
Campo de Cultivo".
S.A.R.H.
15. "Estudios varios elaborados por la Secretaría de Agricultura y Re--
cursos Hidráulicos".